



5-21-03
04

Docket No. 20021369

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Certificate of Mailing

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231, on March 22, 2002.

Gudrun E. Huckett

Gudrun E. Huckett, Patent Agent

In the application of: Peter Gernhart et al.
Serial Number: 10/025,163
Filing Date: 12/18/2001
Title: Laser Beam Optics in a Robot Link

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

REQUEST TO GRANT PRIORITY DATE

Pursuant to 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, applicant herewith claims priority of the following **German** patent applications:

10063125.8 filed 12/18/2000
20021369.5 filed 12/18/2000
10131005.6 filed 6/27/2001

Certified copies of the three priority document are enclosed.

Respectfully submitted March 22, 2002,

Gudrun E. Huckett

Ms. Gudrun E. Huckett, Ph.D.
Reg. No. 35,747, for the Applicant

Gudrun E. Huckett, Ph.D.
Patent Agent
P.O. Box 3187
Albuquerque, NM 87190

Telephone: (505) 266-2138
Telefax: (505) 266-2138

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 100 63 125.8

Anmeldetag: 18. Dezember 2000

Anmelder/Inhaber: Thyssen Laser-Technik GmbH, Aachen/DE

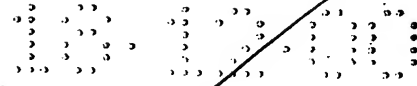
Bezeichnung: Laserstrahloptik in einer Roboterachse

IPC: B 23 K 26/10

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. Januar 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Nietiedt



3

1

15.12.2000

5

10

Laserstrahloptik in einer Roboterachse

15 Die Erfindung bezieht sich auf eine Laserstrahloptik in
einer Roboterachse, in deren Längsachse ein erster Strahlen-
gang eines ersten Laserarbeitsstrahls anzuordnen ist, der
werkstückseitig in einen achsparallelen zweiten Strahlengang
umlenkbar ist, und in der ein dritter Strahlengang eines
20 zweiten Laserarbeitsstrahls achsparallel zum ersten Strahlen-
gang des ersten Laserarbeitsstrahls anzuordnen ist.

Eine Optik mit den vorgenannten Merkmalen ist aus der EP-A-0 901 875 bekannt. Der erste Laserarbeitsstrahl der be-
25 kannten Laserstrahloptik wird einer Ausbaueinheit zugeleitet, die die Aufgabe hat, die erste Laserstrahlung aus dem ersten Strahlengang in den dazu achsparallelen zweiten Strahlengang umzulenken. Bei der bekannten Laserstrahloptik kann ein drit-
30 ter Strahlengang eines zweiten Laserarbeitsstrahls ausgebil- det werden und zwar so, daß er parallel zum ersten Strahlen- gang des ersten Laserarbeitsstrahls anzuordnen ist. Das ist jedoch nur dann möglich, wenn die Ausbaueinheit zur Umlenkung des ersten Laserarbeitsstrahls ausgebaut ist. Denn die Aus-
35 baueinheit ragt in den zweiten bzw. auch in den dritten Strahlengang hinein, weil diese beiden vorgenannten Strahlen- gänge miteinander fluchten. Wenn also mit unterschiedlicher

Laserarbeitsstrahlung gearbeitet werden soll, beispielsweise mit einer CO₂-Laserstrahlung oder einer Diodenlaserstrahlung, muß ein Umbau der Roboterachse erfolgen, bei der die Ausbaueinheit entweder eingebaut oder ausgebaut wird. Das ist aufwendig und bedarf anschließender Justierung. Außerdem kann nicht mit zwei Laserarbeitsstrahlen gleichzeitig gearbeitet werden.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Laserstrahloptik mit den eingangs genannten Merkmalen so zu verbessern, daß sie umbaufrei für wechselweisen Einsatz unterschiedlicher Laserarbeitsstrahlung geeignet ist, vor allem aber auch für den gleichzeitigen Einsatz zweier unterschiedlicher Laserarbeitsstrahlungen.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß in einem der Strahlengänge des ersten Laserarbeitsstrahls zwei davon zum Werkstück hin durchstrahlbare optische Elemente aufeinanderfolgend angeordnet sind, die im Sinne einer Kompensation eines Strahlenversatzes aufeinander abgestimmt sind, und daß dem zweiten der beiden optischen Elemente der zweite Laserarbeitsstrahl zugeleitet und von diesem zum Werkstück hin reflektierbar ist.

Für die Erfindung ist von Bedeutung, daß die Laserstrahloptik zwei Laserarbeitsstrahlen so zusammenzuführen erlaubt, daß beide wechselweise oder gemeinsam die gewünschte Bearbeitung eines Werkstücks in einem Arbeitsgang durchführen können. Dabei sollen die Laserarbeitsstrahlen jeweils auch unterschiedliche Strahlung aufweisen können, also solche, die unterschiedliche Strahlungsparameter haben. Die erste Laserarbeitsstrahlung soll beispielsweise CO₂-Strahlung sein und die zweite Laserarbeitsstrahlung Nd:YAG-Strahlung. Es ist darauf zu achten, daß die Laserstrahloptik die beiden Strahlen fehlerfrei zu kombinieren vermag. Das wird insbesondere dadurch erreicht, daß der erste Laserarbeitsstrahl optische

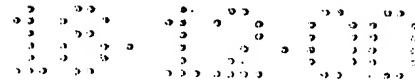
Elemente nacheinander durchläuft, die im Sinne einer Vermeidung eines Strahlenversatzes miteinander abgestimmt sind. Infolgedessen liegt die Kombinationsstelle der Laserstrahloptik konstruktiv fest. Es ist nicht erforderlich, andere optische Maßnahmen zu treffen, um den Strahlenversatz auszugleichen. Zur Durchführung ausgleichender Maßnahmen müßten sonst Bauelemente eingebaut werden, die dort nachgeordnet werden müßten, wo in der Roboterachse kein Platz ist.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Laserstrahloptik zeichnet sich dadurch aus, daß das erste optische Element eine strahlendurchlässige Kompensationsplatte ist, daß das zweite optische Element eine ebenfalls strahlendurchlässige, jedoch den zweiten Laserarbeitsstrahl reflektierende Reflektorplatte ist, und daß die Eingangssymmetrieachse der Kompensationsplatte und die Ausgangssymmetrieachse der Reflektorplatte fluchten. Damit kann der Strahlenversatz durch zwei Platten kompensiert werden, deren Brechungseigenschaften identisch sind und die in Bezug aufeinander kompensatorisch wirken, was den Strahlenversatz betrifft.

Dabei ist zu bevorzugen, daß die beiden optischen Elemente in einem einen Strahlenversatz kompensierenden Winkel zueinander angeordnet sind.

Anstelle von Platten können alle optisch wirksamen Bauelemente eingesetzt werden, mit denen ein Strahlenversatz ausgeschaltet werden kann. In dieser Hinsicht kann es zweckmäßig sein, die Laserstrahloptik so auszubilden, daß zumindest ein optisches Element aus zwei, sich optisch plattenartig verhaltenden Prismen besteht.

Wenn die beiden optischen Elemente für CO₂-Strahlung durchlässig sind, können übliche Plattenwerkstoffe eingesetzt werden, die bezüglich der 10,6 µm-Strahlung eines CO₂-Lasers wohl erforscht und bewährt sind, zum Beispiel Zink-Selenid.



6

Es ist dann vorteilhaft und notwendig, die Laseroptik so auszubilden, daß das zweite optische Element für Nd:YAG-Strahlung hochreflektierend ist.

5

Um einen weitgehend verlustfreien Strahlungsdurchgang zu erreichen, kann die Laseroptik so ausgebildet werden, daß die beiden optischen Elemente jeweils strahleneintrittseitig und strahlenaustrittseitig antireflektierend beschichtet sind. Antireflektierende Beschichtung vermeidet Strahlungsverluste an den Ein- und Austrittsflächen der optischen Elemente.

Die Laseroptik kann ferner so ausgebildet werden, daß das zweite optische Element auf einer dem zweiten Laserarbeitsstrahl zugewandten Reflektorfläche diesen hochreflektierend beschichtet ist. Eine derartige hochreflektierende Beschichtung ist insbesondere dann erforderlich, wenn Strahlungsverluste des zweiten Laserstrahls vermieden werden sollen. Solche Strahlungsverluste wären insbesondere zu erwarten, wenn das zweite optische Element strahlungsdurchlässig wäre, wenn auch nur für eine Strahlung anderer Wellenlänge.

Eine zweckmäßige Ausgestaltung der Laseroptik wird dadurch erreicht, daß für die Zuleitung des zweiten Laserarbeitsstrahls zum zweiten optischen Element ein dessen Reflektorfläche paralleler Umlenkspiegel vorhanden ist. Es wird eine zum zweiten Strahlengang rechtwinklige Umlenkung des zweiten Laserstrahls erreicht.

Eine konstruktiv besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Laseroptik kann dadurch erreicht werden, daß die beiden optischen Elemente und bedarfsweise ein Umlenkspiegel in einem einzigen Gehäuse angeordnet sind. Damit ergibt sich eine Baueinheit, die eine feste Zuordnung der optischen Elemente zueinander gewährleistet, unabhängig vom Zusammenbau dieser Baueinheit mit der Roboterachse. Das Gehäuse kann robust

sein, so daß die Ausbildung und Funktion der beiden optischen Elemente nicht gefährdet ist, insbesondere nicht beim Zusammenbau des Gehäuses mit der Roboterachse.

5 In Anpassung an die wichtigsten Ausgestaltungsmerkmale der Laseroptik kann diese so ausgebildet werden, daß ein einen Strahlenausgang aufweisendes Gehäuse an einer werkstückseitigen Stirnwand der Roboterachse angebracht ist und werkstückabgewendet einen ersten Strahleneingang des ersten Laserarbeitsstrahls und einen zweiten Strahleneingang des zweiten Laserarbeitsstrahls aufweist. Damit wird eine einfache und zuverlässige Befestigung des Gehäuses erreicht sowie eine zutreffende Zuordnung der Strahleneingänge zu den Strahlengängen.

15

In besonderer Weise kann die Laserstrahloptik dahingehend ausgebildet werden, daß an das Gehäuse im Bereich seines ersten Strahleneingangs ein Strahlenversatzmodul angebaut ist, der im Bereich des ersten Strahlengangs einen ersten Versatzspiegel und zu Beginn des zweiten Strahlengangs einen zweiten Versatzspiegel aufweist. Die Umlenkung des ersten Laserarbeitsstrahls erfolgt infolgedessen mit einem besonderen Bauteil, das speziell auf seine Umlenk- bzw. Versatzaufgabe ausgebildet ist und zusätzlich mit dem Gehäuse zusammengebaut werden kann, das die beiden optischen Elemente aufweist.

25

Eine besondere Ausbildung der Laserstrahloptik ist dahingehend möglich, daß das Gehäuse im Bereich des zweiten Strahlengangs einen Einbaueinschnitt hat, in den ein die optischen Elemente aufweisender Elemententräger eingebaut ist. Der Elemententräger läßt insbesondere eine zutreffende Anordnung der optischen Elemente in Bezug aufeinander erreichen. Das Gehäuse kann im übrigen unabhängig vom Elemententräger ausgebildet werden und braucht lediglich im Bereich eines Zusammenbaus mit diesem Elemententräger genau genug ausgebildet

35

zu werden, um den optischen Anforderungen an eine Vermeidung des Strahlenversatzes zu genügen.

Die Laserstrahloptik kann desweiteren dahingehend verbessert werden, daß der dem zweiten optischen Element optisch vorgeordnete Umlenkspiegel an einer Gehäuseaußenwand festgelegt ist, die einer werkstückseitigen Wand des Einbaueinschnitts parallel ist. Die Gehäuseaußenwand und die Wand des Einbauabschnittes können hochgenau parallel gefertigt werden. Das ist für die optische Präzision der Strahlenkombination von Vorteil.

Um die Laserstrahloptik dafür geeignet zu machen, daß sie in einer solchen Roboterachse angewendet werden kann, der weitere Achsen einer Rototerhand nachgeordnet sind, kann diese Laserstrahloptik so ausgebildet werden, daß der zweite Strahlengang und ein am reflektierenden optischen Element beginnender vierter, beiden Laserarbeitsstrahlen gemeinsamer Strahlengang in einer von der Längsachse der Roboterachse und von einer dazu senkrechten Schwenkachse einer weiteren Roboterachse gebildeten Ebene mit einem vorbestimmten Abstand von der Längsachse der Roboterachse angeordnet sind. Infolgedessen kann sich der beiden Arbeitsstrahlen gemeinsame Strahlengang in der Nähe eines Außenumfangs der Roboterachse befinden, in deren Längsachse können für nachfolgende Achsen notwendige Bauteile angeordnet werden und es ist nur ein einziger Spiegel zur Strahlenumlenkung in die Schwenkachse der weiteren Roboterachse notwendig.

Die Erfindung wird anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigt:

Fig.1 eine schematische Darstellung eines Knickarmroboters,

Fig.2 eine Unteransicht einer Roboterachse, an der werkstückseitig zwei weitere Handachsen angeordnet

sind, mit teilweisen Schnittdarstellungen,
 Fig.3 eine vereinfachte Seitendarstellung der Roboter-
 achse der Fig.2 mit Schnittdetails,
 Fig.3a eine vergrößerte Detaildarstellung A der Fig.3,
 5 Fig.4,5 schematisierte Strahlengänge in Roboterachsen
 und
 Fig.4a das Detail B der Fig.4.

Der in Fig.1 schematisch dargestellte Knickarmroboter
 10 ist so ausgebildet, daß er in allen Richtungen kartesischer
 Koordinaten x,y und z die erforderlichen Bewegungen im Rahmen
 der Reichweiten seiner Achsen 37,38,39,10,35 und 36 ausführen
 kann. Sämtliche vorgenannten Achsen sind Drehachsen, deren
 Drehverstellung durch Motorkraft erfolgt. Fig.2 zeigt schema-
 15 tisch die Anordnung eines Antriebsmotors 37 für die Roboter-
 achse 10. Der Stellmotor 37 wird, wie auch die Stellmotoren
 der anderen Drehachsen, von einer nicht näher erläuterten
 Bahnsteuerung so beaufschlagt, daß er die gewünschten Achsen-
 drehbewegungen veranlaßt. Der Roboter soll für die 3-D-Bear-
 20 beitung von Werkstücken mit Laserstrahlung eingesetzt werden,
 wozu er eine spezielle Roboterhand hat, die in den Fig.2,3
 dargestellt ist. Diese Roboterhand besteht im wesentlichen
 aus der roboterseitigen Roboterachse 10 und zwei baulich mit-
 einander kombinierten Handachsen 35,36. Die Achse 36 ist mit
 25 Hilfe von Drehlagern 40 um ihre Längsachse drehbar, was durch
 den Doppelpfeil 36' in Fig.1 angedeutet ist. In dieser Achse
 36 befindet sich eine Fokussieroptik 40, mit der zwei Laser-
 arbeitsstrahlen 13,16 auf ein Werkstück fokussiert werden
 können. Die Handachse 35 ist um eine Schwenkachse 34 schwenk-
 30 bar, die von einem Drehlager 42 gebildet ist. Die Doppelpfei-
 le 35' in den Fig.1 und 3 kennzeichnen die infolgedessen vor-
 handene Drehverstellbarkeit der Handachse 35, so daß die
 Handachse 36 in die in Fig.3 dargestellten Stellungen gelan-
 gen kann. Die Handachse 35 ist im übrigen fest von der Robo-
 35 terachse 10 gehalten, die werkstückseitig eine Stirnwand 24
 für diese Befestigung aufweist.

Die Roboterachse 10 besteht entsprechend den Fig.2,3 im wesentlichen aus einem Rohrgehäuse 43, das an seinem der Stirnwand 24 gegenüberliegenden Ende an ein Getriebegehäuse 44 des Motors 37 angebaut ist. Das Getriebegehäuse 44 hat Anbauflansche 45 für einen in Fig.1 schematisch dargestellten ersten Laser 46. Die von diesem Laser 46 erzeugte Laserstrahlung wird durch eine Laserstrahlungszuleitung 47 und einen in Fig.2 angedeuteten Strahlungseingang 48 in einen ersten Strahlengang 12 gebracht, der mit einer Längsachse 11 der Roboterachse 10 gleichachsig ist. Des weiteren ist ein nicht dargestellter zweiter Laser vorhanden, dessen Laserstrahlung mit einer weiteren Laserstrahlungszuleitung 49 in einen dritten Strahlengang 15 gebracht wird, der sich innerhalb des Rohrgehäuses 43 parallel zum ersten Strahlengang 12 befindet. Während der erste Laser 46 beispielsweise ein CO₂-Laser ist, ist der zweite Laser beispielsweise ein Nd:YAG-Laser, so daß die beiden von den Lasern erzeugten Laserarbeitsstrahlen 13,16 entsprechend unterschiedliche Wellenlängen haben. Der Laser 46 ist beispielsweise mit einer Leistung von 300 Watt bei einer Strahlqualität von $k = 0,7$ ausgestattet, während der nicht dargestellte Nd:YAG-Laser eine Leistung von 200 Watt hat. Die Zuleitung der Laserstrahlung des zweiten Laserarbeitsstrahls 16 erfolgt beispielsweise mit einer flexiblen Zuleitung in Gestalt einer Glasfaserleitung zu einem Anschlußelement 50 oder auch Getriebegehäuse 44.

Damit die Laserarbeitsstrahlen 13,16 einem Werkstück 18 in gewünschter Weise raumsparend zugeführt werden können, müssen sie in vorbestimmter Weise kombiniert werden können. Diese Kombination erfolgt in erster Linie mit einer der Stirnwand 24 nahen Laserstrahloptik, die in einem Gehäuse 22 untergebracht ist. Das Gehäuse 22 ist an der Stirnwand 24 mit Befestigungsstellen 22' befestigt und hat hier einen Strahlenausgang 23, der in einen Strahlendurchtritt 24' der Stirnwand 24 mündet. Dem Strahlenausgang 23 gegenüberliegend, also

werkstückabgewendet trägt das Gehäuse 22 ein Strahlenversatz-
modul 27. Dieses Modul 27 hat einen ersten Versatzspiegel 28,
der im ersten Strahlengang 12 des ersten Laserarbeitsstrahls
13 angeordnet ist, so daß dieser Laserarbeitsstrahl 13 auf
5 den Versatzspiegel 28 trifft und vertikal zum ersten Strah-
lengang 12 umgelenkt wird. Infolge dieser Umlenkung trifft
der erste Laserarbeitsstrahl 13 auf einen zweiten Versatz-
spiegel 29, mit dem der erste Laserarbeitsstrahl 13 in einen
zweiten Strahlengang 14 umgelenkt wird. Durch den zweiten
10 Strahlengang 14 gelangt der erste Laserarbeitsstrahl 13 in
das Gehäuse 22 bis zu dessen Strahlenausgang 23.

Der dritte Strahlengang 14 für den zweiten Laserarbeits-
strahl 16 fluchtet mit einem zweiten Strahleneingang 26 des
15 Gehäuses 22. Der zweite Laserarbeitsstrahl 16 trifft auf ei-
nen Umlenkspiegel 22, von dem aus er senkrecht zur Längsachse
11 umgelenkt wird und auf eine Reflektorfläche 20' einer Re-
flektorplatte 20 trifft, welche den zweiten Laserarbeits-
strahl 17 erneut rechtwinklig umlenkt, nämlich in einen vier-
20 ten Strahlengang 33.

Die Reflektorplatte 20 dient außer der Umlenkung des
zweiten Laserarbeitsstrahls 16 auch einem Strahlendurchtritt
des ersten Laserarbeitsstrahls 13. Dieser durchläuft auf sei-
nem Weg über den zweiten Strahlengang 40 zum beiden Laser-
25 strahlen 13,16 gemeinsamen Strahlengang 33 zwei in Strah-
lungsrichtung aufeinanderfolgend angeordnete optische Elemen-
te, nämlich zunächst eine Kompensationsplatte 19 und dann die
Reflektorplatte 20. Die Kompensationsplatte 19 hat Brechungs-
30 eigenschaften, aufgrund der ein Strahlenversatz 17 entsteht.
Die Reflektorplatte 20 hat ebenfalls Brechungseigenschaften,
die einen entgegengesetzten, nicht näher bezeichneten Strah-
lenversatz zur Folge haben. Beide Platten 19,20 sind so aus-
gebildet und angeordnet, daß die Eingangssymmetrieachse 19
35 der Kompensationsplatte 19 und die Ausgangssymmetrieachse
20'' der Reflektorplatte 20 fluchten. Infolgedessen wird der

Strahlenversatz 17 im Bezug auf eine Strahlenaustritts-
 20''' der Reflektorplatte 20 kompensiert. Der Einbau der Kom-
 pensationsplatte 19 bewirkt, daß der die Reflektorplatte 20
 verlassende Laserarbeitsstrahl 13 genau an einer vorbestimm-
 5 ten Strahlaustrittsstelle 20''' erfolgt. Diese Strahlaus-
 trittsstelle 20''' kann genau mit der Reflektionsstelle zu-
 sammenfallen, die zur Reflektion des Laserarbeitsstrahls 16
 auf der Reflektorfläche 20' vorbestimmt ist. Es ergibt sich
 damit die in Fig.4 dargestellte Möglichkeit, die Arbeits-
 10 strahlen 13,16 coaxial anzuwenden, ohne im Bereich der Laser-
 strahloptik im Hinblick auf einen Strahlenversatz 17 besonde-
 re bauliche oder sonstige Justiermaßnahmen durchführen zu
 müssen. Vielmehr kann die Laseroptik als Baueinheit ausgebil-
 det werden, die mit hoher Präzision wirkt.

15 Das Gehäuse 22 ist mit einem in der Darstellungsebene
 der Fig.3a ersichtlichen Einbaueinschnitt 30 versehen. Dieser
 Einbaueinschnitt 30 ist V-förmig und hat einen Spitzenwinkel
 α . Dieser Winkel ist vorzugsweise ein rechter. In den Einbau-
 20 einschnitt 30 kann ein Elemententräger 31 eingebaut sein, der
 die beiden Platten 19,20 trägt. Diese beiden Platten 19,20
 sind ebenfalls in einem rechten Winkel angeordnet, so daß
 sich ein mechanisch vorteilhafter, nämlich präziser Zusammen-
 bau des Elemententrägers 31 mit dem Einbaueinschnitt 30 des
 25 Gehäuses 22 ergibt. Mit diesem Zusammenbau wird dazu beige-
 tragen, daß sich die Brechungseigenschaften der Platten 19,20
 möglichst genau kompensieren. Weitere Voraussetzungen dafür
 sind, daß die Platten 19,20 gleiche Brechungseigenschaften
 aufweisen, bei gleichem Werkstoff insbesondere gleich dick
 30 sind.

Damit die Ausgangssymmetrieachse 20'' und die Mitte des
 auf die Reflektorfläche 20' fallenden zweiten Laserarbeits-
 strahls 16 identisch sind bzw. zusammenfallen, muß auch der
 35 Umlenkspiegel 21 präzise angeordnet sein. Dies wird dadurch
 erreicht, daß der Umlenkspiegel an einer Gehäuseaußenwand 32

festgelegt ist, die einer werkstückseitigen Wand 30' des Einbaueinschnittes 30 parallel ist. Beide Wände 30', 32 können exakt parallel hergestellt werden, um den Genauigkeitsanforderungen zu genügen.

Die Laserstrahloptik soll möglichst verlustfrei ausgebildet sein. Für die beiden Platten 19, 20 wird beispielsweise Zink-Selenid vorgesehen. Außerdem kann mit Beschichtungen erreicht werden, daß die Laserstrahloptik möglichst wenig optische Verluste hat. Beispielsweise kann jede Plattenseite der Platten 19, 20 antireflektierend beschichtet sein. Das gelingt beispielsweise mit einer dielektrischen Schicht, die aus zwei Schichten mit je unterschiedlichem Brechungsindex aus der Reihe der Fluoride BaF_2 , MgF_2 , oder YbM_3 besteht. Die Reflektorfläche 20' der Reflektorplatte 20 muß für die Strahlung des zweiten Laserarbeitsstrahls 16 hingegen möglichst gut reflektieren, was durch eine hochreflektierende Beschichtung erreicht werden kann. Eine solche Beschichtung wurde mit mehr als fünf Schichten aus den vorgenannten Stoffen erreicht, so daß sie für CO_2 -Strahlung antireflektierend, für Nd:YAG-Strahlung hingegen hochreflektierend war.

Der vierte Strahlengang 33, der für beide Laserarbeitsstrahlen 13, 16 gemeinsam ist, führt durch die Stirnwand 24 zu der Achse 35. Hier ist ein Umlenkprisma 35'' im Bereich der Schwenkachse 34 mit Abstand 66 zu einer Symmetrieachse eines mit der Handachse 36 drehbaren Fokussierspiegels 41 angeordnet, so daß die Laserarbeitsstrahlen 13, 16 zum Fokussierspiegel 41 umgelenkt werden.

Ein Vergleich der Fig. 4, 5 zeigt, daß die Laserarbeitsstrahlen 13, 16 im gemeinsamen vierten Strahlengang 33 nicht notwendigerweise gleichachsiger angeordnet sein müssen. Es ist vielmehr auch eine Parallelachsigkeit denkbar. Während bei gleichachsigen Laserarbeitsstrahlen 13, 16 eine gleichzeitige und/oder taktweise aufeinanderfolgende Bearbeitung des Werkstücks 18 erfolgen kann, indem beispielsweise eine Schneidstelle 52 und eine Schweißstelle 53 ausgebildet werden, läßt

sich bei Parallelachsigkeit erreichen, daß in vorbestimmtem Abstand voneinander angeordnete Bearbeitungsstellen 54 oder 55 gleichzeitig und/oder taktweise nacheinander bearbeitet werden können. In allen Fällen ist die Ausbildung einer Laserstrahloptik vorteilhaft, die aufgrund der vorbeschriebenen Konstruktionen justierungsempfindlich ist.

15
15.12.2000

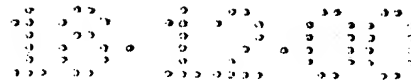
5

Ansprüche

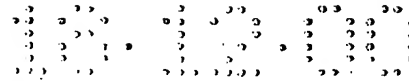
1. Laserstrahloptik in einer Roboterachse (10), in deren Längsachse (11) ein erster Strahlengang (12) eines ersten Laserarbeitsstrahls (13) anzuordnen ist, der werkstückseitig in einen achsparallelen zweiten Strahlengang (14) umlenkbar ist, und in der ein dritter Strahlengang (15) eines zweiten Laserarbeitsstrahls (16) achsparallel zum ersten Strahlengang (12) des ersten Laserarbeitsstrahls (13) anzuordnen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß in einem der Strahlengänge (12 oder 14) des ersten Laserarbeitsstrahls (13) zwei davon zu einem Werkstück hin durchstrahlbare optische Elemente aufeinanderfolgend angeordnet sind, die im Sinne einer Kompensation eines Strahlenversatzes (17) aufeinander abgestimmt sind, und daß dem zweiten der beiden optischen Elemente der zweite Laserarbeitsstrahl (13) zugeleitet und von diesem zum Werkstück (18) hin reflektierbar ist.
2. Laserstrahloptik nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das erste optische Element eine strahlendurchlässige Kompensationsplatte (19) ist, daß das zweite optische Element eine ebenfalls strahlendurchlässige, jedoch den zweiten Laserarbeitsstrahl (16) reflektierende Reflektorplatte (20) ist, und daß die Eingangssymmetrieachse (19') der Kompensationsplatte (19) und die Ausgangssymmetrieachse (20'') der Reflektorplatte (20) fluchten.

35

3. Laserstrahloptik nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden optischen Elemente in einem einen Strahlenversatz (17) kompensierenden Winkel (α) zueinander angeordnet sind.
- 5 4. Laserstrahloptik nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest ein optisches Element aus zwei, sich optisch plattenartig verhaltenden Prismen besteht.
- 10 5. Laserstrahloptik nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden optischen Elemente für CO₂-Strahlung durchlässig sind.
- 15 6. Laserstrahloptik nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das zweite optische Element für Nd:YAG-Strahlung hochreflektierend ist.
- 20 7. Laserstrahloptik nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden optischen Elemente jeweils strahleneintrittseitig und strahlenaustrittseitig antireflektierend beschichtet sind.
- 25 8. Laserstrahloptik nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das zweite optische Element auf einer dem zweiten Laserarbeitsstrahl (16) zugewandten Reflektorfläche (20') diesen hochreflektierend beschichtet ist.
- 30 9. Laserstrahloptik nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß für die Zuleitung des zweiten Laserarbeitsstrahls (16) zum zweiten optischen Element ein dessen Reflektorfläche (20') paralleler Umlenkspiegel (21) vorhanden ist.



10. Laserstrahloptik nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden optischen Elemente und bedarfsweise ein Umlenkspiegel (21) in einem einzigen Gehäuse (22) angeordnet sind.
- 5
11. Laserstrahloptik nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein einen Strahlenausgang (23) aufweisendes Gehäuse (22) an einer werkstückseitigen Stirnwand (24) der Roboterachse (10) angebracht ist und werkstückabgewendet einen ersten Strahleneingang (25) des ersten Laserarbeitsstrahls (13) und einen zweiten Strahleneingang (26) des zweiten Laserarbeitsstrahls (16) aufweist.
- 10
12. Laserstrahloptik nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß an das Gehäuse (22) im Bereich seines ersten Strahleneingangs (25) ein Strahlenversatzmodul (27) angebaut ist, der im Bereich des ersten Strahlengangs (12) einen ersten Versatzspiegel (28) und zu Beginn des zweiten Strahlengangs (14) einen zweiten Versatzspiegel (29) aufweist.
- 15
13. Laserstrahloptik nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gehäuse (22) im Bereich des zweiten Strahlengangs (14) einen Einbaueinschnitt (30) hat, in den ein die optischen Elemente aufweisender Elemententräger (31) eingebaut ist.
- 20
14. Laserstrahloptik nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der dem zweiten optischen Element optisch vorgeordnete Umlenkspiegel (21) an einer Gehäuseaußenwand (32) festgelegt ist, die einer werkstückseitigen Wand (30') des Einbaueinschnitts (30) parallel ist.
- 25
- 30
- 35



15. Laserstrahloptik nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß der zweite Strahlengang (16) und ein am reflektierenden optischen Element beginnender vierter, beiden Laserarbeitsstrahlen (13,16) gemeinsamer Strahlengang (33) in einer von der Längsachse (11) der Roboterachse (10) und von einer dazu senkrechten Schwenkachse (34) einer weiteren Roboterachse (35) gebildeten Ebene mit einem vorbestimmten Abstand (59) von der Längsachse (11) der Roboterachse (12) angeordnet sind.
- 5
- 10

15.12.2000

5

Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Laserstrahloptik in einer Roboterachse, in deren Längsachse ein erster Strahlengang eines ersten Laserarbeitsstrahls anzuordnen ist, der werkstückseitig in einen achsparallelen zweiten Strahlengang umlenkbar ist, und in der ein dritter Strahlengang eines zweiten Laserarbeitsstrahls achsparallel zum ersten Strahlengang des ersten Laserarbeitsstrahls anzuordnen ist.

15

Um mit zwei Laserarbeitsstrahlen arbeiten zu können, ohne den mechanischen Aufbau zu verändern und bei Bedarf auch gleichzeitig, wird die Laserstrahloptik so ausgebildet, daß in einem der Strahlengänge des ersten Laserarbeitsstrahls zwei davon zum Werkstück hin durchstrahlbare optische Elemente aufeinanderfolgend angeordnet sind, die im Sinne einer Kompensation eines Strahlenversatzes aufeinander abgestimmt sind, und daß dem zweiten der beiden optischen Elemente der zweite Laserarbeitsstrahl zugeleitet und von diesem zum Werkstück hin reflektierbar ist.

25

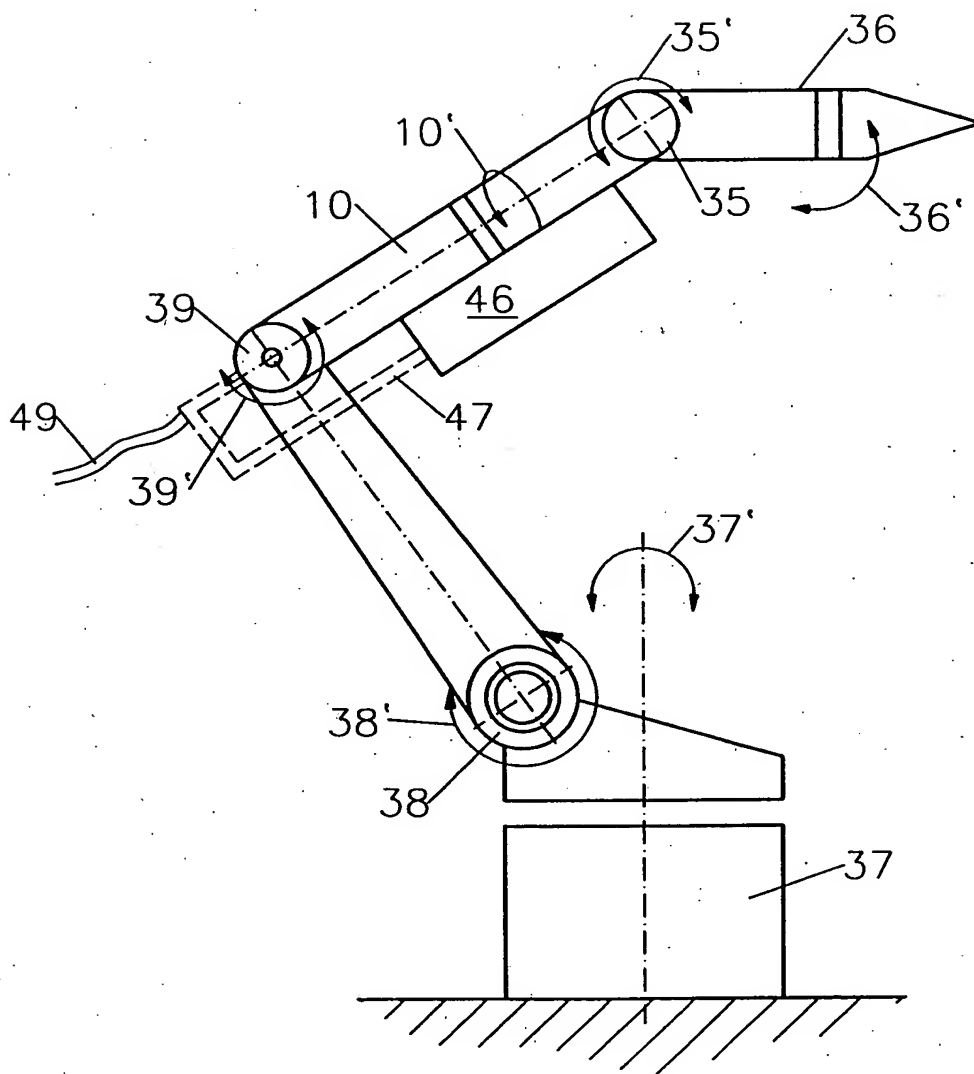


Fig. 1

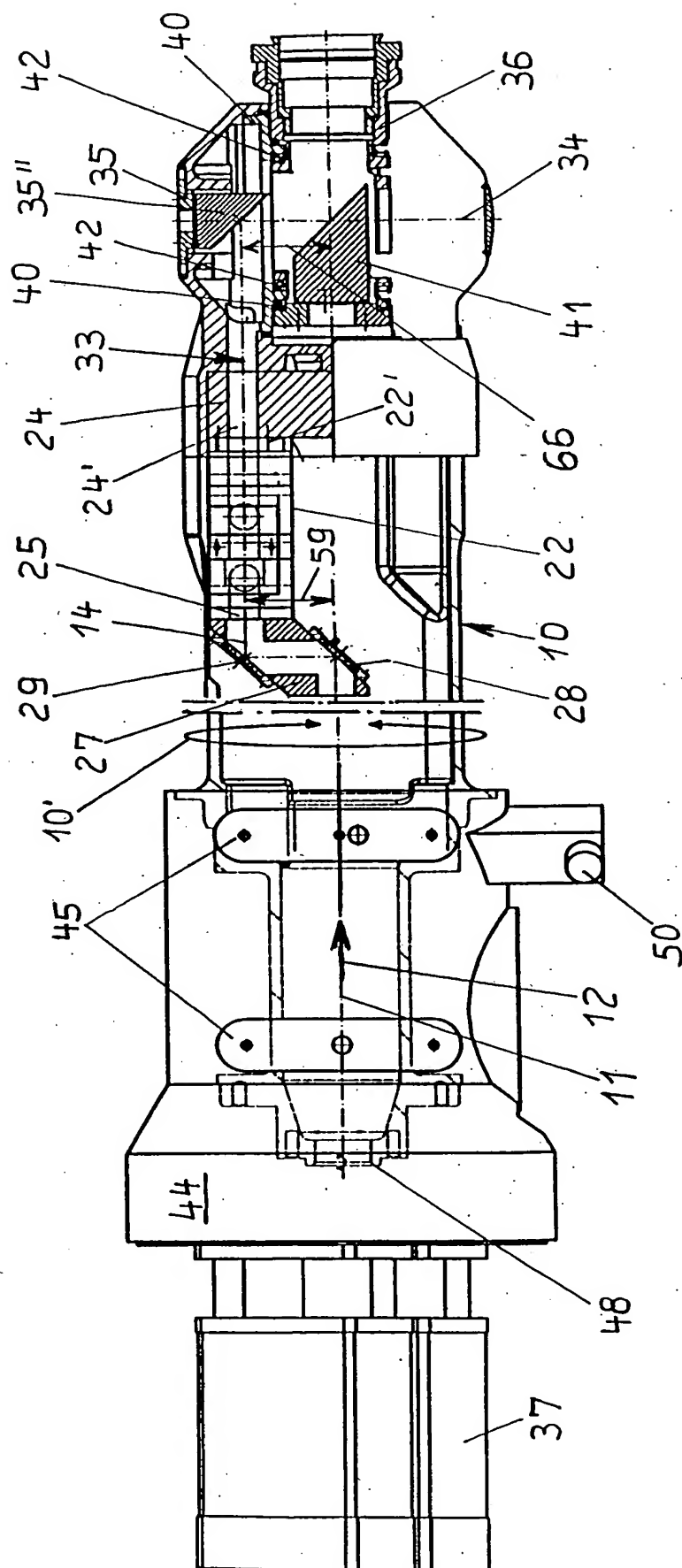


Fig. 2

Fig. 3a

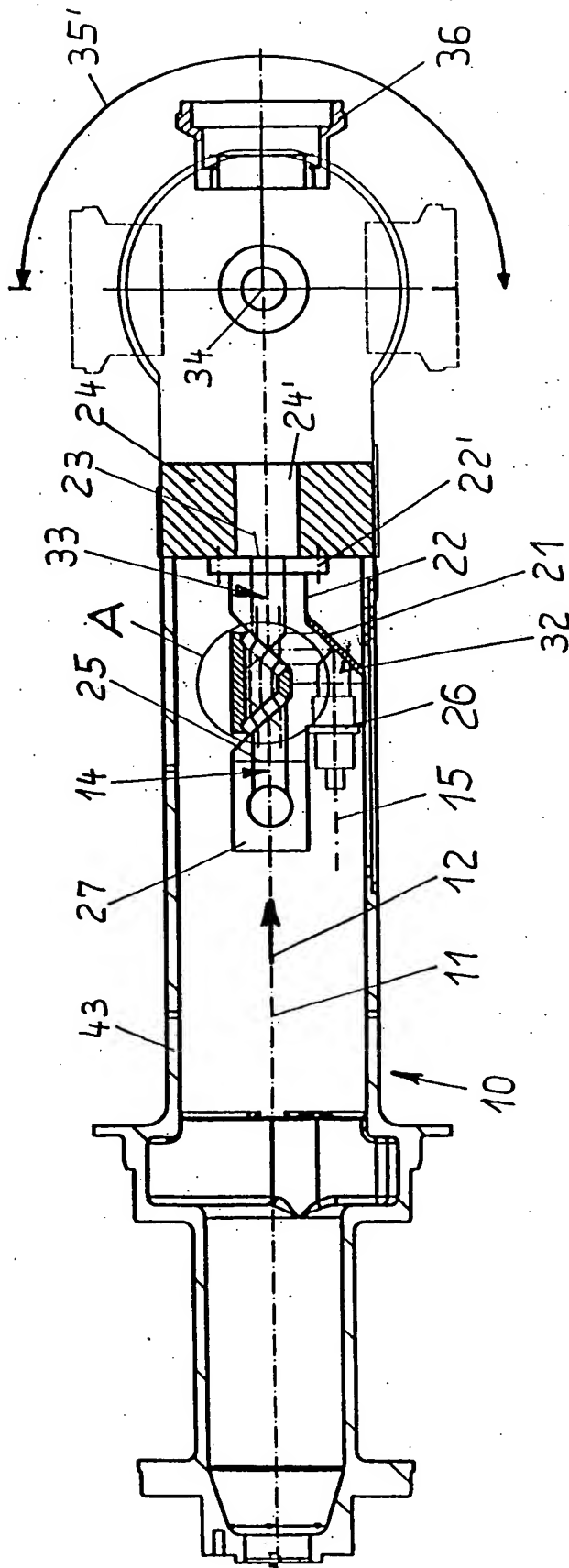
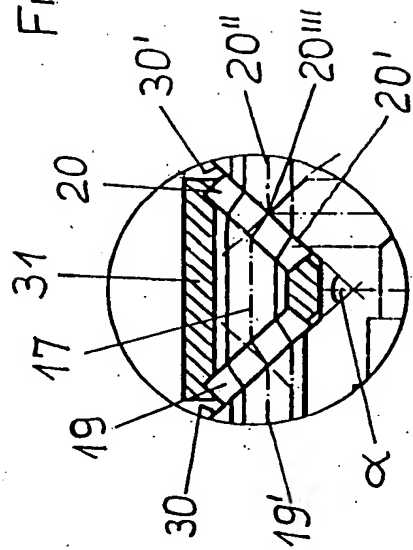
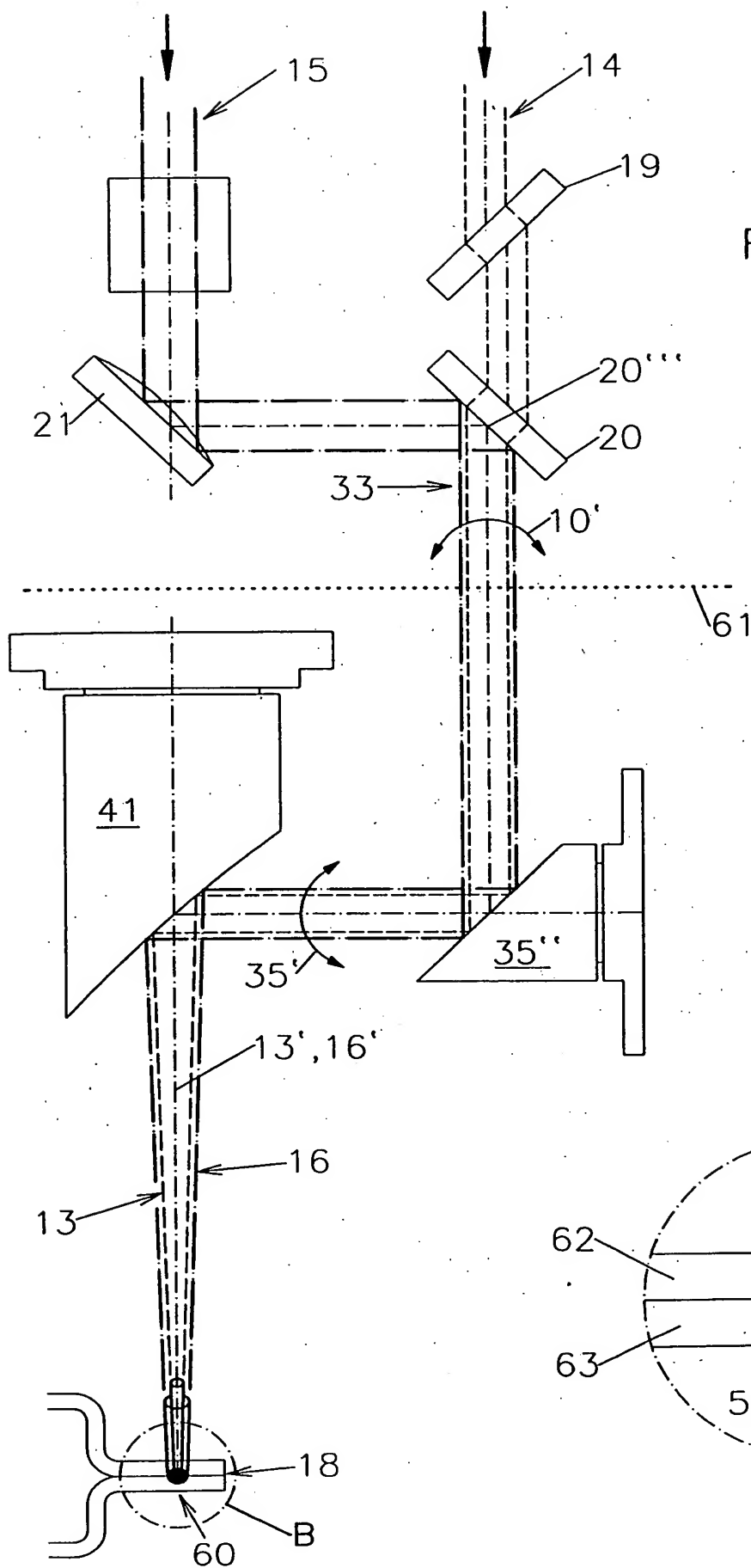


Fig. 3



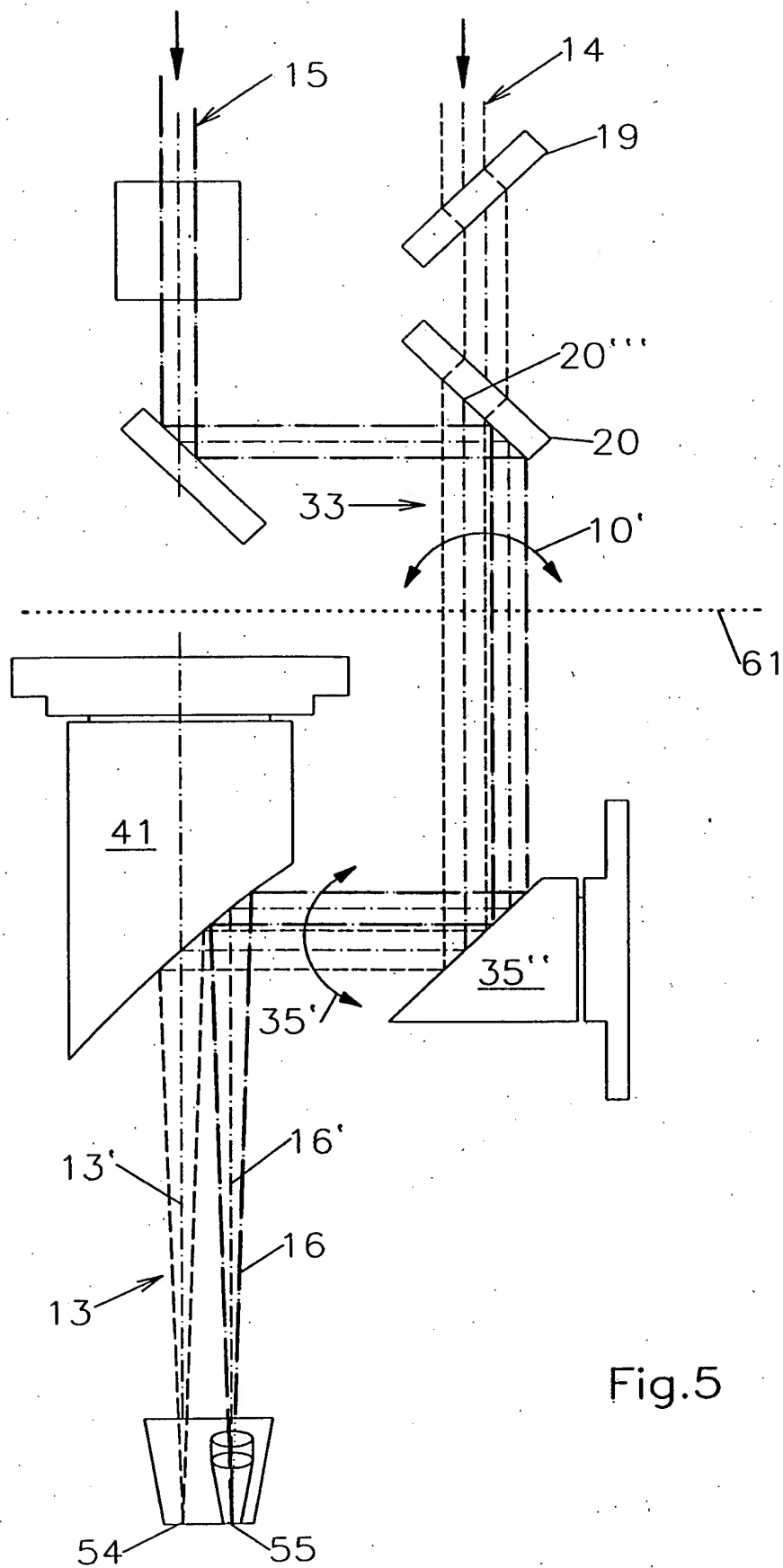


Fig.5

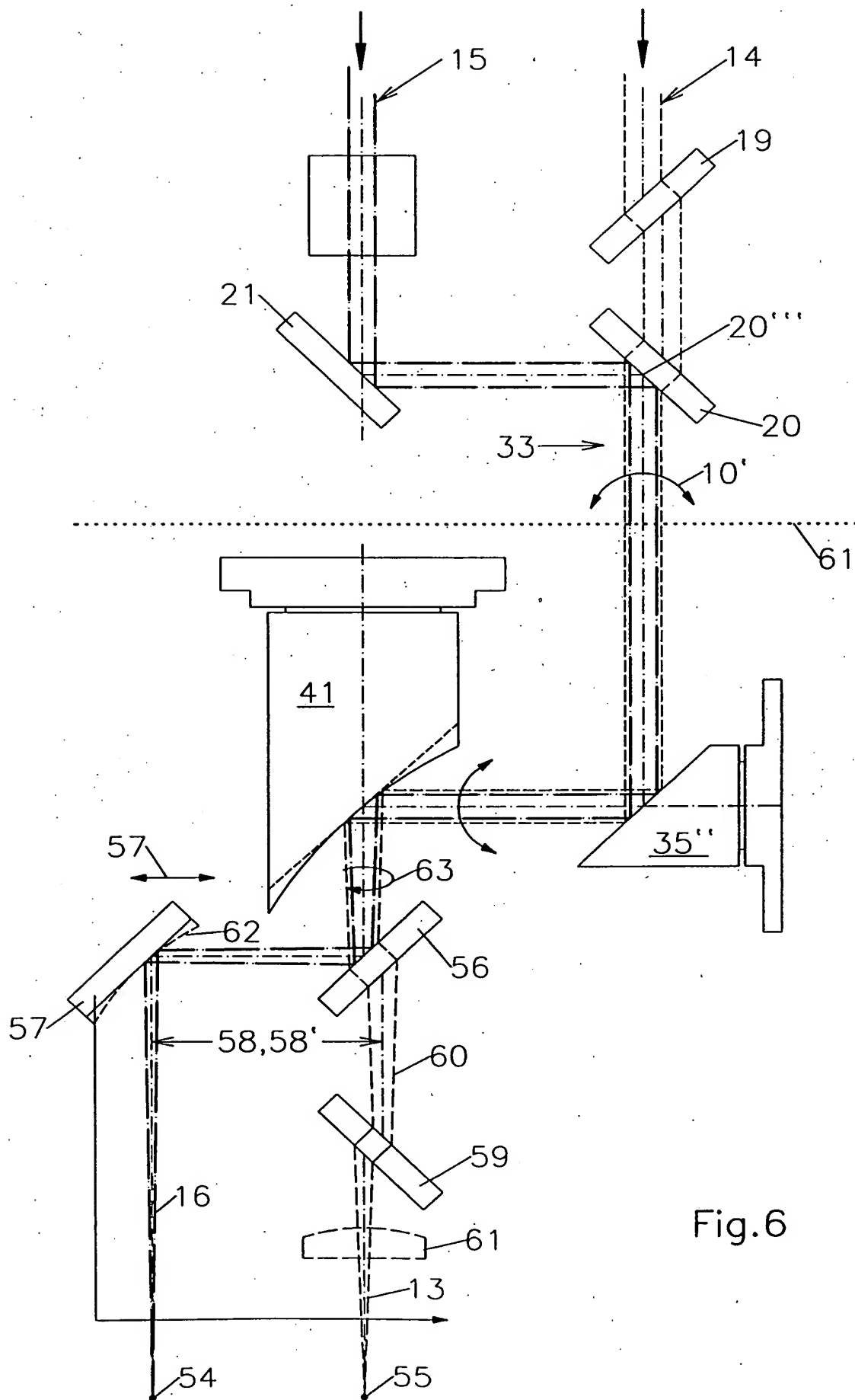


Fig. 6